

**K. Mengel**  
Poljoprivredni fakultet Giessen

## **PROBLEMI GNOJIDBE KOD INTENZIVNE BILJNE PROIZVODNJE\***

Pod terminom »intenzivna biljna proizvodnja« podrazumijeva se proizvodnja koja teži najvišim prinosima po jedinici površine primjenom svih mogućih tehničkih i privredno prihvatljivih sredstava. Budući da stanovništvo Zemlje raste godišnje za 2%, a proizvodnja hrane samo za 1%, intenzivna biljna proizvodnja postaje neophodno potrebna. U budućnosti će biljna proizvodnja obuhvaćati u sve većoj mjeri, osim proizvodnje hrane, i proizvodnju »organske sirovine«. Poznato je naime da ima sve manje tih sirovina. Zato će intenzivna biljna proizvodnja postati sve važnija i mnoge će države biti prisiljene da pređu s ekstenzivnog korištenja tla na intenzivno.

Jedna od važnih značajka intenzivnog korištenja tla sastoji se u tome da visina prinosa ne ovisi o slučajnim zalihama hraniva određenog staništa. Tlu se dodaje mineralnom i organskom fertilizacijom toliko hraniva da se mogu u potpunosti iskoristiti klimatski uvjeti staništa za tvorbu priroda. Zato kod intenzivne biljne proizvodnje ne smijemo ići na pljačku hraniva u tlu. Tlu se mora vratiti barem onoliko hraniva koliko ih biljke odnašaju. Na mnogim će staništima biti potrebno gnojiti s većim količinama hraniva nego što ih biljke oduzimaju tlu kako bi se povisila plodnost tla. O problematici takvog gnojenja i mjerama ishrane diskutirat će se u ovom radu detaljnije.

Visoki prinosi i kvalitetno visokovrijedni biljni proizvodi mogu se postići samo ukoliko je ishrana kultiviranih biljaka usmjerena na pojedine faze razvoja biljaka. Kod toga se »ishrana« ne poistovjećuje s »gnojdbom«. Gnojdba znači dodavanje određenih količina biljnih hraniva u tlo, dok ishrana znači dodavanje i u svajanje hraniva pomoću korijena. Ishrana djeluje neposredno na prirodu, dok je gnojdba izložena dinamici hraniva u tlu. Tlo može hraniva vezati ili osloboditi i time u znatnoj mjeri utjecati na ishranu biljke.

Osim C, O i H, dušik je najvažniji građevni element biljne supstance. Rast svih kulturnih biljaka u vegetativnoj fazi određen je u velikoj mjeri o opskrbi biljaka dušikom. Samo kod bogate opskrbe korijena dušikom mogu se fotosintetski stvoreni asimilati maksimalno moguće pretvarati u biljne proteine i time iskoristiti za rast lišća. Biljke s visokim stupnjem asimilacije kao npr. kukuruz, trebaju zato u vrijeme razvoja svoje mase više hraniva nego biljke s manjim stupnjem asimilacije, kao npr. žitarice.

Pravovremena izgradnja velikog i produktivnog lisnog aparata prva je pretpostavka za kasniju tvorbu ekonomskih prinosa, tj. za tvorbu zrna, plodova, korijena i gomolja. Za tvorbu lišća dušik je najvažniji

\* Prevela prof. dr. Jelka Anić

od svih biljnih hraniva. Kod žitarica i kukuruza, za razliku od mnogih drugih kultiviranih biljaka, postoji u generativnim fazama daljna pojačana potreba za dušikom, dok je za tvorbu gomolja krumpira, korijena šećerne repe i plodova vinove loze i voća povećana ishrana dušikom nepovoljna.

Prema različitim potrebama pojedinih kulturnih biljaka na dušiku u raznim fazama razvoja mora se prilagoditi i mineralna gnojidba s dušikom. Na ishranu biljke dušikom utječu, međutim, i zbivanja u tlu, koja su uglavnom biološkog karaktera. Tu imaju značajnu ulogu temperatura i vlaga u tlu. Bolje oranice sadrže u oraničnom sloju 3000 do 8000 kg N u organskom obliku, dakle u obliku koji biljci nije odmah pristupačan. Te su količine dušika nekoliko puta veće nego što ga trebaju kultivirane biljke u jednoj vegetacijskoj periodi. Od tih ukupnih količina dušika se, međutim, godišnje mineralizira, tj. prelazi u biljci pristupačne oblike radom mikroorganizama, samo mali dio (najčešće manje od 0,5%). Naročito u rano proljeće, kada je tlo mokro i hladno, mikrobiološka je mineralizacija organski vezanog dušika mala. U to vrijeme kultivirane biljke trebaju već mineralizirani dušik, kako bi što prije započele svojim vegetativnim razvojem. Kasnije u toku proljeća dolazi do znatnog oslobađanja organski vezanog N, naročito kod vlažnog i toplog vremena koje može u izvjesnim slučajevima dovesti kod žitarica do prejake ishrane dušikom. Takva ishrana povećava opasnost polijeganja i sklonost spram napada gljivičnih oboljenja. Kod gnojidbe s mineralnim dušikom mora se voditi računa o tome. Ona mora biti dovoljno visoka da se postignu maksimalni prinosi, ali se mora prilagoditi također i uvjetima tla, kako bi se izbjegla prejaka ishrana dušikom. U praksi nije lako uzeti u obzir uvjete u tlu, budući da količine dušika koje se mogu mineralizirati zavise znatno o klimatskim uvjetima, koje se ne može znati unaprijed.

Poznavanjem tla, pretkulture i klimatskih uvjeta staništa ipak je moguće ocijeniti količine dušika koje se mogu mineralizirati. Te su količine utoliko veće što je veći sadržaj organski vezanog dušika u mekoti, i što je uži odnos C/N organske tvari u tlu (Vömel, 1965/66). U tabeli 1 prikazane su te zavisnosti.

Tabela 1 Oslobađanje N, odnos C/N i ukupni N u gornjem horizontu oranice (0 do 20 cm)  
(A. WÖMEL, 1965/66)

Tekstura tla	C/N	Ukupni N kg/ha	Mineralizirani N u kg/ha na godinu	Učešće mineraliziranog N u odnosu na ukupni N
Pijesak	12,6	1590	9	0,6 %
Ilovača	8,7	4500	26	0,6 %
Les	9,3	2860	15	0,5 %
Glina	9,8	4950	50	1,0 %

Mikrobiološki procesi, u koje spadaju i procesi transformacije dušika, odigravaju se uglavnom u blizini korijena, dakle u rizosferi. U neposrednoj blizini korijena ima više bakterija i gljiva nego u ostalom tlu. Ishrana bilja ima utjecaja i na floru rizosfere. Kod bogatije ishrane dušikom ona je mnogo brojnija budući da korijenje u tom slučaju izlučuje više organskih tvari, napose aminokiselina. One služe mikroorganizmima za ishranu (Trolldenier, 1971.). Bogata ishrana s  $K^+$  — ionima djeluje suprotno, tj. u rizosferi ima tada manje mikroorganizama. Različita nastanjenost rizosfere normalno nema većeg utjecaja na ishranu kultiviranih biljaka. Samo u slučajevima gdje ima malo  $O_2$  u tlu će bakterije iz roda *Pseudomonas* intenzivnije reducirati  $NO_3$  u  $N_2$ . Ta denitrifikacija može dovesti do znatnih gubitaka dušika, kao što su pokazala istraživanja Woldendorpa (1968) u Holandiji. Kod bogatije ishrane kalijem ima u rizosferi manje denitrifikanata pa je prema tome i opasnost denitrifikacije manja. Te je ovisnosti ispitivao Trolldenier (1971.) pomoću model pokusa s pšenicom. Važniji podaci o tome prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2 Utjecaj ishrane kalijem kod jare pšenice na denitrifikaciju u rizosferi (Trolldenier, 1971)

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
Prinos u g suhe tvari/loncu	5,2	7,0
mg O <sub>2</sub> /l u hranjivoj otopini	2,7	7,4
N <sub>2</sub> —gubici u % primijenjenog N	22,2	3,2
Broj denitrifikanata x 10 <sup>6</sup>	80,0	14,0

Iz tih se podataka vidi da se kod dobre ishrane pšenice kalijem (K<sub>2</sub>) znatno smanjuje denitrifikacija, dok je sadržaj O<sub>2</sub> u hranjivoj otopini kod te varijante znatno veći. Povoljno djelovanje dobre opskrbljenosti tla kalijem naročito je poželjno kada postoji opasnost da se, putem anaerobnih mikrobioloških procesa, stvaraju toksični produkti metabolizma kao H<sub>2</sub>S, etilen, butanol i masne kiseline. One u znatnoj mjeri štete rastu biljaka. Taj pronalazak ima naročito značenje kod kultiviranja močvarne riže (Trolldenier, 1973).

Potreba pojedinih kultiviranih biljaka na fosforu u raznim fazama ne razlikuju se tako izrazito kao što je to slučaj kod dušika ili kalija. Usvajanje fosfora kod žitarica raste prilično linearno u toku vegetacije. Nagomilavanje fosfora u zrnu u generativnoj fazi razvoja uvjetuje izrazitu potrebu na fosforu. Kod dovoljne opskrbe tla fosforom nije,

međutim, potrebna još i kasna gnojidba tim hranivom. Bogata ishrana biljke fosforom u toku čitave vegetacije neophodno je potrebna za visoke prinose i kvalitativno visokovrijedne biljne produkte.

Količine fosfora dobivene uobičajenim analizama tla označene kao »biljci pristupačan fosfor« u mnogim slučajevima ne kažu mnogo o faktičnoj pristupačnosti fosfora. Kod sadržaja od 15 mg  $P_2O_5/100$  g tla ima u mekoti 450 kg  $P_2O_5/ha$ . To je mnogo više nego što odnese dobra žetva žitarica. Unatoč tome može, kod izvjesnih uvjeta, doći do nedovoljne opskrbe fosforom. Odlučujuće za ishranu je naime ono što dospije do biljnog korijena, a ne ono što se nalazi u određenom kemijskom spoju u tlu. U vezi migracije fosfora prema biljnom korijenu igra najveću ulogu količina fosfora otopljenog u otopini tla. Te se količine kreću između 1—3 kg  $P_2O_5/ha$ . U toku vegetacije mora, dakle, nadolaziti fosfor u otopinu, kako bi se mogla osigurati ishrana bilja fosforom. To nadolaženje fosfora, kao i visina P—nivoa u otopini tla, zavisi o mnogobrojnim faktorima, a njihova interakcija još nije sasvim razjašnjena. U te se faktore ubrajaju pH—vrijednost tla, sadržaj gline i humusa, vrsta fosfornog gnojiva, kao i njegovo staranje. Općenito vrijedi da je vezanje fosfora u tlu to jače, što je tlo siromašnije fosforom. Nasuprot tome je iskorištenje lako topivog fosfora iz gnojiva to bolje, što je tlo bolje opskrbljeno fosforom.

Kalij je biljno hranivo koje biljke kod intenzivne proizvodnje najintenzivnije troše. Novija istraživanja pokazuju da je najvažnija funkcija  $K^+$  kod tvorbe prinosa u aktivaciji mnogobrojnih enzima (Evans u. Wildes, 1971). Zato možda mogu biljke dobro ishranjene kalijem po jedinici klorofila djelotvornije transformirati svjetlosnu energiju u kemijsku (Pflüger i Mengel, 1972). U tabeli 3 prikazan je taj odnos.

Tabela 3 Utjecaj ishrane kalijem na fotofosforilizaciju i fotoredukciju

	Sadržaj K % suhe tvari	uequ. —/mg klorofil/h	u Mol ATP/mg klorofil/h
Vicia faba	3,70	512	216
Vicia faba	1,00	384	143
Spinacia oleracea	5,53	496	295
Spinacia oleracea	1,14	424	185
Helianthus annuus	4,70	340	102
Helianthus annuus	1,60	326	68

Biljke koje sadrže više kalija tvore više ATP, a kod njih je i intenzivniji fotosintetski transport elektrona. Prema tome se može pretpo-

taviti da dobra ishrana biljaka kalijem povoljno utječe na sve procese koji trebaju energiju. U te procese spadaju sinteze brojnih građevnih tvari, a time i rast, transport tvari u biljci (Haeder i Mengel, 1972), kao i primanje iona. Iskorištenje mineralnog dušika u biljci zavisi također u znatnoj mjeri o ishrani kalijem. Na graf. 1 prikazano je kako kod niskog nivoa ishrane kalijem (10 ppm K) intenzivnije dodavanje dušika ubrzo dovede do depresije u prinosu, dok kod bolje opskrbe kalijem biljka može znatno bolje iskoristiti dušik za tvorbu prinosa.

Maksimalni prinosi zrna bili su postignuti kada je iznosio N/K odnos hranive otopine 1/1-2 (Mc Loed, 1969). Za praksu to znači da upravo kod intenzivne ishrane dušikom mora biti biljka dobro opskrbljena kalijem, kako bi se mogli postići očekivani visoki prinosi. Nedovoljna ishrana kalijem prouzrokuje, upravo kod intenzivnije gnojidbe dušikom, smanjenu otpornost biljaka spram gljivičnih oboljenja. Kod bogate ishrane dušikom, ali nedovoljne ishrane kalijem, u biljci se nagomilavaju topivi amino-spojivi (Koch i Mengel, 1972), koji predstavljaju za gljivične štetočine dobar hranjiv medij. U tabeli 4 prikazan je odnos između gnojidbe kalijem i napada Septorije kod žitarica.

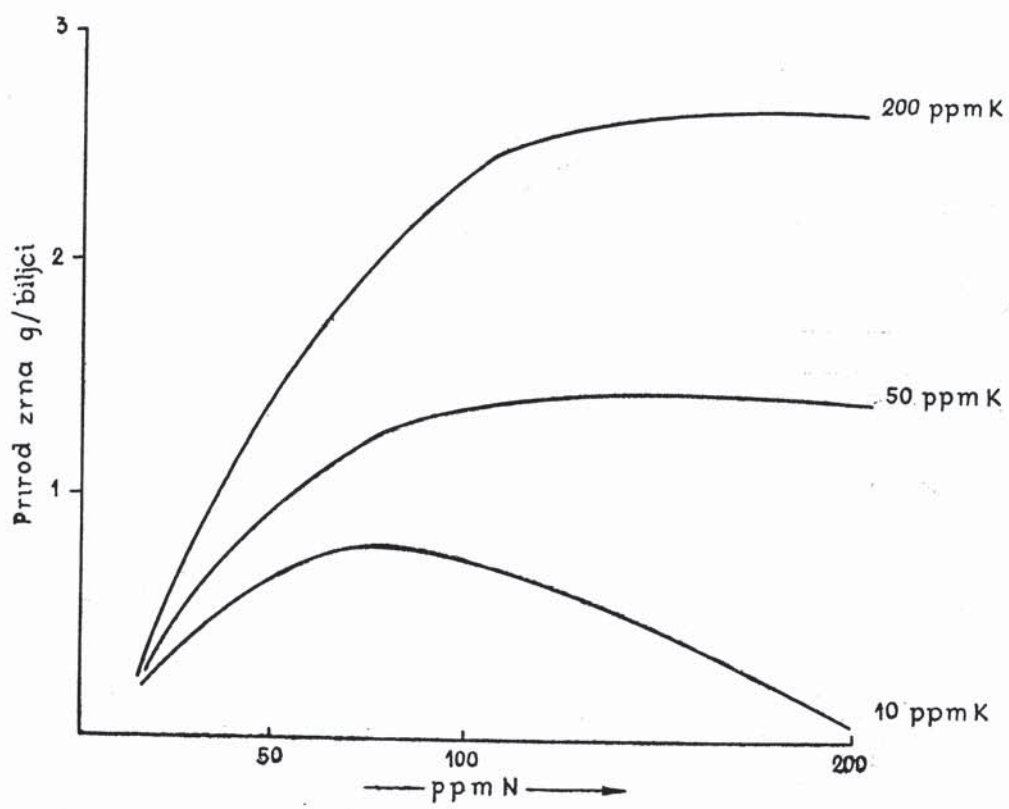
Tabela 4 Utjecaj gnojidbe kalijem na napad Septoria kod ozime pšenice

kg K <sub>2</sub> O/ha	% Braunspeizigkeit
0	23,7
80	19,8
160	18,6*)
240	9,7*)

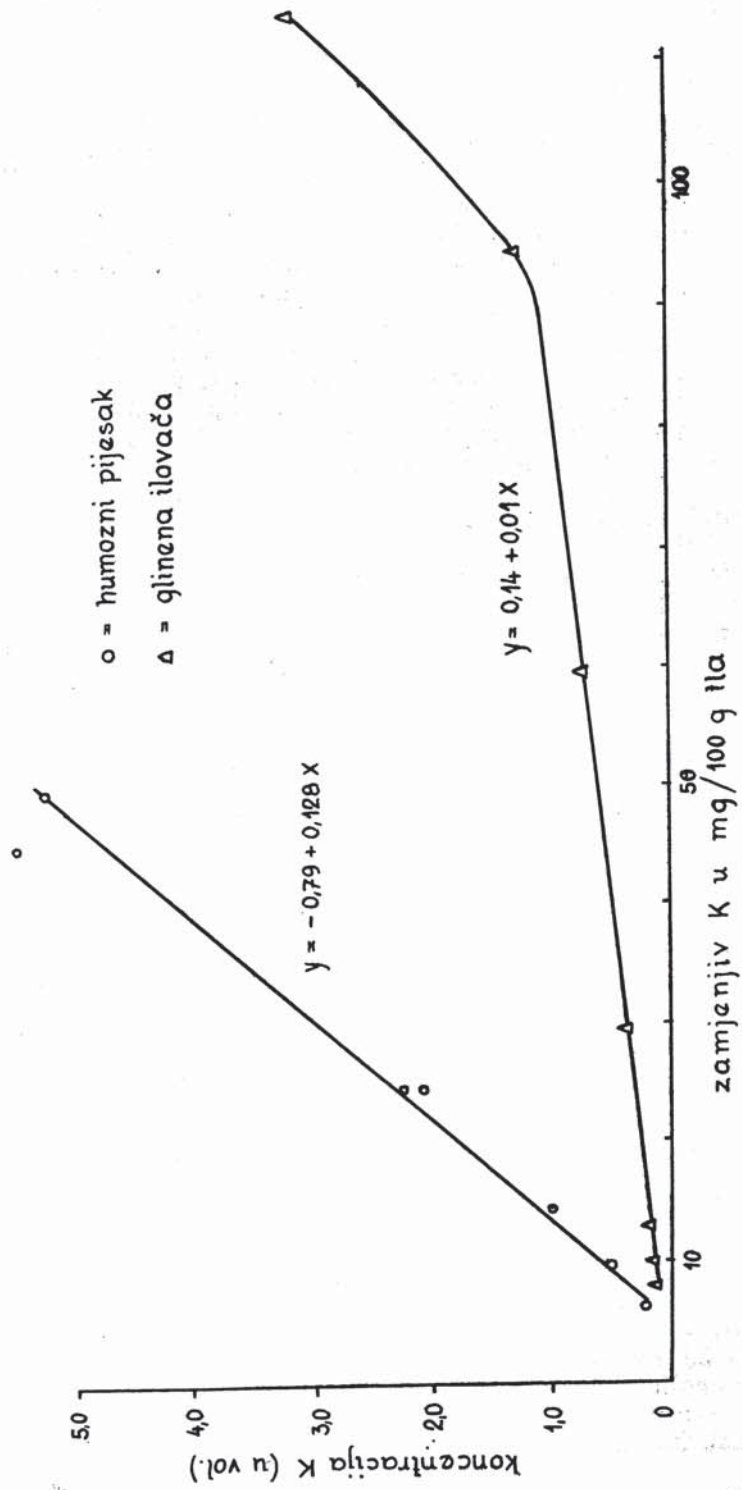
\*) Signifikantne razlike obzirom na varijantu »bez gnojidbe kalijem«.

Dinamika kalija u tlu u znatnoj mjeri utječe na ishranu bilja kalijem. U tlima koja sadrže minerale koji imaju u sebi kalij oslobađa se prilikom njihovog raspadanja toliko kalija koliko je potrebno za ekstenzivnu poljoprivredu, pa gnojidba kalijem nije potrebna. Kod prijelaza iz ekstenzivne u intenzivnu poljoprivredu tla sadrže u početku dovoljno rezerva kalija, pa mogu opskrbiti biljke u dovoljnoj mjeri kalijem. Kod tih uvjeta prvo hranivo koje dopiše u minimum je dušik, zatim slijedi fosfor, dok se posljedice nedovoljne ishrane kalijem pokazuju tek kasnije. To se odnosi naročito na bolja tla s većim sadržajem gline. U graf. 2 prikazan je taj odnos. Tu je prikazana zavisnost koncentracije kalija u otopini tla o sadržaju zamjenjivog K<sup>+</sup> u pjeskovitom i teškom tlu. U pjeskovitim tlima prouzrokuje već relativno malo povećanje zamjenjivog kalija tla znatan porast koncentracije kalija u otopini tla. U teškim se tlima, međutim, povišava koncentracija kalija u otopini tla znatno sporije.

Graf: 1  
UTJECAJ KONCENTRACIJE N i K HRANIVE OTOPINE NA  
NA PRIROD ZRNA JEČMA



Graf: 2  
 ÚTJECAJ POVEĆANE KOLIČINE ZAMJENJIVOG K NA KONCENTRACIJU K U  
 OTOPINI TLA DVIJU RAZLIČITIH VRSTA TALA



Praktički to znači da osrednja gnojidba kalijem djeluje na laganom tlu mnogo brže na prinose, nego na teškom tlu, jer se ovdje samo neznatno povisi koncentracija kalija, tj. difuzija  $K^*$  prema korijenu ne poboljša se trajnije. Kod težih je tala dakle problem u tome što je potrebno postići gnojdbom takvu koncentraciju kalija u otopini tla koja dozvoljava optimalnu ishranu bilja. Za tla u srednjoj Evropi koncentracija kalija u otopini tla, kojoj bi se moralo težiti, iznosi oko 0,8 m val K/l. Orijeontaciona ispitivanja jugoslavenskih tala pokazala su da se njihova koncentracija kreće od 0,1—0,3 m val K/l. Osrednjom gnojdbom kalijem na težim tlima (smonicama) ne može u znatnoj mjeri povisiti koncentracija u otopini tla. Tu se postavlja i pitanje da li se može, znatnim povišenjem koncentracije kalija u otopini tla, u znatnoj mjeri povisiti nivo prinosa. Uobičajena gnojdba kalijem neće moći u znatnoj mjeri mijenjati visinu prinosa, jer ne može utjecati odlučujuće na koncentraciju otopine tla. To se odnosi naročito na žitarice. Gnojdba kalijem koja je orijentirana na odnašanje kalija će samo održavati proizvodnu sposobnost tla, ali je neće povisiti. Izostavljanje gnojdbes s kalijem dovest će ovdje postupno do smanjenja prinosa. Pojačani deficit kalija povisit će opasnost fiksiranja kalija, jer oslobođena mjesta na ilitima koja su vezala kalij, predstavljaju potencijalne točke fiksacije. Koncentracija kalija u otopini tla postaje svake godine niža. Kod vrijednosti od 0,1 m val K/l dolazi do izrazitog pada priroda. U tabeli 5 prikazan je utjecaj koncentracije K na prinos lucerne.

Tabela 5 Veza između prinosa lucerne i koncentracije kalija u otopini tla (Forster et al., 1972).

Koncentracija kalija u otopini tla Prinos suhe tvari u g na lonac	0,1	1,8 m val K/l	3,2
1. Otkos	44,2	50,1*)	57,5***
2. Otkos	49,0	68,1***	79,0***
3. Otkos	71,3	89,9***	103,0***
4. Otkos	34,5	54,0***	63,4***
5. Otkos	18,8	26,2*	32,3*

Kod varijante »0,1 m val K/l« nije bilo gnojeno od godine 1967., dok su kod ostalih varijanata bile visoke doze kalija kako bi se postigle odgovarajuće koncentracije kalija u otopini tla (Forster et al., 1972.). Kod negnojene varijante nisu se pojavili na biljci simptomi deficijencije, jer je ilovasto tlo moglo oslobađati  $K^*$  iz svojih minerala. Takva ishrana kalijem nije, međutim, bila dovoljna za postizavanje maksimalnih prinosa.



Kod daljnjeg iskorištavanja kalija iz minerala tla jednog dana dolazi do potpunog izostajanja prinosa. Da bi se takva osiromašena tla opet dovela u prvotno stanje plodnosti potrebne su vrlo visoke doze kalijevih gnojiva. Kalij dodan gnojivima najprije će se čvrsto vezati na minerale gline (fiksirati) i tek onda, kada je glina dovoljno zasićena kalijem korijen biljke može ponovno usvajati kalij.

#### L I T E R A T U R A

- EVANS, H. J., and R. A. WILDES: Potassium and its role in enzyme activation. In: Potassium in Biochemistry and Physiology, S. 13—39. International Potash Institute, Berne 1971
- FORSTER, H., K. KOCH und K. MENGEL: Die Kaliumkonzentration der Bodenlösung in ihrer Bedeutung für den Ertrag und den Gehalt an organischen Stickstoffverbindungen bei Luzerne. Die Bodenkultur **23**, 10—17 (1972)
- HAEDER, H. E., and K. MENGEL: Translocation and respiration of assimilates in tomato plants as influenced by K nutrition. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. **131**, 139—148 (1972)
- KOCH, K., and K. MENGEL: Effect of a varied potassium nutrition on the uptake and incorporation of labelled nitrate by young tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.). J. Sci. Fd. Agric. **23**, 1107—1112 (1972)
- McLEOD, L. B.: Effects of N, P, and K and their interactions on the yield and kernel weight of barley in hydroponic culture. Agron. J. **61**, 26—29 (1969)
- PFLÜGER, R., und K. MENGEL: Die photochemische Aktivität von Chloroplasten aus unterschiedlich mit Kalium ernährten Pflanzen. Plant a. Soil **36**, 417—425 (1972)
- TROLLDENIER, G.: Einflub der Stickstoff- und Kaliumernährung von Weizen sowieder Sauerstoffversorgung der Wurzeln auf Bakterienzahl, Wurzelatmung und Denitrifikation in der Rhizosphäre. Zentralbl. f. Bakteriologie, 2. Abt., **126**, 130—141 (1971)
- TROLLDENIER, G.: Secondary effects of potassium and nitrogen nutrition of rice: change in microbial activity and iron reduction in the rhizosphäre. Plant a. Soil **38**, 267—279 (1973)

- VÖMEL, A.: Der Versuche einer Nährstoffbilanz am Beispiel verschiedener Lysimeterböden. I. Mitteilung: Wassersicherung und Nährstoffhaushalt. Z. Acker- u. Pflanzenbau **123**, 155—188 (1963/66)
- WOLDENDORP, J. W.: Losses of soil nitrogen. Stikstof, Dutch Nitrogenous Fertilizer Review, Nr. 12, 32—46 (1968)